

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
ŠUMARSKI ODSJEK
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ
UZGAJANJE I UREĐIVANJE ŠUMA S LOVNIM GOSPODARENJEM

MARIO KOMARČEVIĆ

PROCJENA I ANALIZA OŠTEĆENOSTI STABALA I
SASTOJINA DJELOVANJEM LEDOLOMA NA PODRUČJU
GORSKOG KOTARA

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2017.

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
ŠUMARSKI ODSJEK

**PROCJENA I ANALIZA OŠTEĆENOSTI STABALA I SASTOJINA
DJELOVANJEM LEDOLOMA NA PODRUČJU
GORSKOG KOTARA**

DIPLOMSKI RAD

Diplomski studij: Uzgajanje i uređivanje šuma s lovnom gospodarenjem

Predmet: Šumsko gospodarsko planiranje

Ispitno povjerenstvo: 1. Doc. dr. sc. Krunoslav Teslak
2. Prof. dr. sc. Jura Čavlović
3. Doc. dr. sc. Mislav Vedriš

Student: Mario Komarčević

JMBAG: 0068218124

Broj indeksa: 682/2015

Datum odobrenja teme: 20. travnja 2017.

Datum predaje rada: 11. srpnja 2017.

Datum obrane rada: 14. srpnja 2017.

Zagreb, srpanj, 2017.

Dokumentacijska tablica

Naslov	Procjena i analiza oštećenosti stabala i sastojina djelovanjem ledoloma na području Gorskog kotara
Title	Assessment and analysis of trees and stands damaged by ice storm in the Gorski kotar region
Autor	Mario Komarčević
Adresa autora	Šarengrad, Zagrebačka 9
Mjesto izrade	Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave	Diplomski rad
Mentor	Doc. dr. sc. Krunoslav Teslak
Izradu rada pomogli	doc. dr. sc. Krunoslav Teslak, doc. dr. sc. Mislav Vedriš, dr. sc. Karlo Beljan
Godina objave	2017.
Obujam	stranica 28 tablica 5 slika 10 navoda literature 18
Ključne riječi	ledolom, šumske štete, oštećenost stabala, Gorski kotar, oporavak stabala
Key words	ice storm, forest damage, trees injury, Gorski kotar, trees recovery
Sažetak	<p>U veljači 2014. godine područje Gorskog kotara pogodila je ledena kiša koja je uzrokovala ledolom različitog intenziteta na širem području Gorskog kotara. Temeljem uzorka terenskih ploha Nacionalne inventura šuma na području Gorskog kotara (313 ploha) izdvojen je uzorak od 20 ploha na kojima je tijekom 2015. godine izvršena ponovna izmjera te vizualna procjena stupnja oštećenosti stabala temeljem više kriterija prema relevantnoj metodologiji. Svakom stablu procijenjen je socijalni položaj stabla, nagnutost stabla, postotak oštećenja krošnje, stanje debla kao i postojanje prethodnih oštećenja. Obzirom da plohe nacionalne inventure imaju trajni karakter istraživanje je osmišljeno kao kontinuirano praćenje oporavka stabala i sastojina od oštećenja ledolomom. Cilj rada je utvrditi stupanj oštećenosti stabala i sastojina uslijed ledoloma te mogućnosti njihova oporavka. Prostorna distribucija, vrste i intenzitet oštećenosti stabala i sastojina ovisno o stanišnim, sastojinskim i gospodarskim čimbenicima očekivani su rezultati rada.</p>

„Izjavljujem da je moj diplomski rad izvorni rezultat mogega rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

vlastoručni potpis

Mario Komarčević

U Zagrebu, 11. srpnja 2017.

SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Cilj istraživanja.....	5
3. Područje istraživanja.....	6
4. Materijali i metode istraživanja.....	9
5. Rezultati istraživanja.....	13
5.1 Stanje strukture istraživanih sastojina.....	13
5.2 Analiza oštećenost stabala po sastojinskim varijablama	14
5.3 Analiza oštećenosti stabala po stanišnim i strukturnim varijablama.....	21
6. Zaključak.....	25
7. Literatura.....	27

POPIS SLIKA

Br. slike	NAZIV SLIKE	Str.
Slika 1.	Posljedice ledoloma na području šumarije Gerovo	1
Slika 2.	Područje istraživanja	6
Slika 3.	Postotni udio broja stabala i drvene zalihe po stupnjevima oštećenosti krošnje; a) listače, i b) četinjače	14
Slika 4.	Volumen aritmetički srednjeg stabla (m ³) po vrstama s obzirom na stupnjeve oštećenosti krošnje	14
Slika 5.	Status debla po vrstama drveća s obzirom na; a) postotni udio broja stabala po hektaru (%), i b) srednji prsni promjer (cm) s intervalom	15
Slika 6.	Status stabla po vrstama drveća s obzirom na; a) postotni udio broja stabala po hektaru (%), i b) srednji prsni promjer (cm) s intervalom	16
Slika 7.	Status vrha po vrstama drveća s obzirom na; a) postotni udio broja stabala po hektaru (%), i b) srednji prsni promjer (cm) s intervalom	17
Slika 8.	Postotni udio volumena po hektaru (%) s obzirom na stanje debla po debljinskim razredima (cm); a) listače, i b) četinjače	18
Slika 9.	Postotni udio volumena po hektaru (%) s obzirom na status stabla po debljinskim razredima (cm); a) listače, i b) četinjače	19
Slika 10.	Postotni udio volumena po hektaru (%) s obzirom na status vrha po debljinskim razredima (cm); a) listače, i b) četinjače	20

POPIS TABLICA

Br. tablice	NAZIV TABLICE	Str.
Tablica 1.	Prikaz elemenata strukture i oštećenosti drvene zalihe po plohama	13
Tablica 2.	Analiza nagiba terena na intenzitet oštećenja u pojedinoj varijabli - postotni udio (%) ukupnog broja stabala u pojedinoj kategoriji nagiba	21
Tablica 3.	Analiza kamenitosti terena na intenzitet oštećenja u pojedinoj varijabli - postotni udio (%) ukupnog broja stabala u pojedinoj kategoriji kamenitosti	22
Tablica 4.	Analiza dubine tla na intenzitet oštećenja u pojedinoj varijabli - postotni udio (%) ukupnog broja stabala u pojedinoj kategoriji dubine tla	23
Tablica 5.	Analiza sklopa na intenzitet oštećenja u pojedinoj varijabli - postotni udio (%) ukupnog broja stabala u pojedinoj kategoriji sklopa	24

PREDGOVOR

Na kraju svog fakultetskog obrazovanja na Šumarskom fakultetu u Zagrebu želje su mi se promijenile u odnosu na sam početak; za razliku od onda kada sam želio da sve ovo što brže prođe, sada kada se to primaklo kraju, kada završava „studentski život“ ipak bih volio da sve to još malo potraje, jer kad se zbroje svi lijepi i ružni trenutci, oni lijepi daleko više prevladavaju. Ona zadnja obaveza koja ostaje, je izrada ovog diplomskog rada, kao svojevrsan vrhunac petogodišnjeg studiranja.

Dakako, to ne bi bilo moguće ostvariti bez pomoći mog mentora i profesora doc. dr. sc. Krunoslava Teslaka, kojemu ovim putem želim zahvaliti za bezuvjetnu pomoć kako pri prikupljanju podataka, tako i pri samo izradi ovog rada. Također hvala doc. dr. sc. Mislavu Vedrišu koji je također doprinio izradi.

Također hvala svim profesorima koji su mi predavali tijekom proteklih pet godina, hvala za što su me puno toga naučili, hvala što su me uvijek pravedno ocjenjivali.

Hvala svim mojim kolegama s kojima slušao predavanja i polagao ispite. Hvala na pomoći i ohrabrenju pri učenju kada je bilo potrebno, ali još više hvala onima koji su me obeshrabrivali, i govorili da neću uspjeti, jer su mi time dali motiv da još više učim i da pokažem da ću ipak uspjeti, što sam i uradio.

Na kraju, veliko hvala mojoj obitelji; ocu, majci i bratu koji su mi tijekom cijelog studiranja bili bezuvjetna podrška, oni koji su vjerovali u mene kada ni sam nisam. Hvala im na odricanju kako bi meni osigurali bezbrižan život. Hvala što nisam morao ni o čemu drugom brinuti osim o učenju. HVALA VAM!!!

1. UVOD

Ledolom ili ledena kiša predstavlja vrstu elementarne nepogode koja nastaje kada je temperatura zraka na visini od oko 3000 m 5-10 °C ispod nišnice, te u oblacima nastaju pahuljice snijega koje padaju kroz toplu zračnu masu na visini od oko 800-2000 m i pri tome se tope i prelaze u kapljice vode. Ispod 800 m ponovno se nalazi hladni zrak, ali se kapljice vode više ne mogu pretvoriti u snijeg, nego tako ohlađene padaju na tlo i pri dodiru s hladnim tlom i drugim hladnim objektima na tlu, trenutačno se pretvaraju u led i tako se lijepe jedna na drugu, stvarajući tzv. ledenu caklinu. Kao rezultat nakupljanja leda dolazi do šteta na dalekovodima, voćnjacima, šumama, ali i na ostaloj imovini zbog izvale stabala i pada polomljenih grana. O ozbiljnosti situacije dovoljno govori činjenica da stablo prosječne visine 15 m, s krošnjom promjera 6 m, može na sebi akumulirati i do 4,5 tona leda (Oliver i Larson, 1996).



Slika 1. Posljedice ledoloma na području šumarije Gerovo

Ovakva elementarna nepogoda pogodila je i Hrvatsku, 2. veljače 2014. godine, kada je veći dio Gorskog kotara ostao bez opskrbe električnom energijom, a mnoga

mjesta su ostala „odsječena“ zbog zakrčenosti cesta izvaljenim stablima. Prema procjenama državnog poduzeća Hrvatske šume d.o.o. površina na kojoj je nastala šteta iznosi približno 53.000 ha (uključujući i privatne šume), a vrijednost oštećene drvene mase procijenjena je na 976.387.000 kn, a prosječno oštećenje po šumarijama UŠP Delnice iznosi 30%. Ovim troškovima treba pribrojiti i troškove sanacije. Također, procijenjena je i šteta na šumskim prometnicama u iznosu u 3.389.000 kn.

Pod oštećenjem stabla podrazumijevamo nagnutost stabla, prelomljene grane u krošnji, prelomljeno ili rascijepljeno deblo, te najteži slučaj kada je cijelo stablo izvaljeno. Intenzitet i vrsta oštećenja uvelike ovise o vrsti drveća, dimenzijama, položaju stabla, kao i o stanišnim uvjetima. Oštećena stabla, koja unatoč ozljedama uspiju preživjeti, fiziološki su oslabljena što pogoduje napadu i progradaciji sekundarnih štetnika – potkornjaka, kao i napadu fitopatogenih gljiva. Ta će se stabla vrlo vjerojatno posušiti u narednih nekoliko godina.

Prema Swisher (1999), postoje mnogi čimbenici koji utječu na ozbiljnost šteta od ledoloma, svrstavamo ih u tri skupine, a to su:

- varijable oluje
- varijable stabla
- varijable sastojine i staništa

Varijable oluje

Dvije su ključne varijable, koje čine oluju više ili manjenje katastrofalnom za drveće i šumu, a to su količina akumuliranog leda na granama i deblu, te smjer i brzina vjetra. Jasno se može zaključiti da s povećanjem ledene cakline koja opterećuje grane i deblo, kao i s povećanjem brzine vjetra, raste i stupanj oštećenja (Warrillow i Mou, 1999). Vjetar, osim što svojom snagom pridonosi izvalama stabala i kidanju preopterećenih grana ledom, također pospješuje zaleđivanje jer dodatno hladi zrak.

Varijable stabla

Prva i osnovna varijabla stabla je vrsta drveća, a zasniva se na morfološkim karakteristikama vrsta, odnosno na habitusu i način grananja pojedine vrste. Tako na primjer četinjače s piramidalnim oblikom krošnje su manje sklone kidanju grana pod teškim naslagama leda (Bennett, 1959; Smith, 2000).

Slijedeća bitna varijabla je socijalni položaj stabla unutar sastojine, odnosno pripadnost pojedinoj etaži u višeetažnim sastojinama. Generalno se može zaključiti da podstojna i potisnuta stabla, odnosno stabla nižih etaža trpe manja oštećenja u odnosu na dominantna stabla. Razlog tomu je što su podstojna i potisnuta stabla zaštićena krošnjama dominantnih stabala koja zaštićuju niža stabla kako od leda, tako i od udara vjetra (Seischab et al., 1993.)

Što se tiče korelacije između dimenzije stabla i stupnja oštećenja, ta povezanost nije uvijek jasna. Istraživanja Boerner et al. (1988) sugeriraju proporcionalnu povezanost između prsnog promjera i stupnja oštećenja. Razlog tomu može biti što se tanja stabla i grane pod teretom leda savijaju, te nakon topljenja leda vraćaju u prvobitan položaj, dok se deblja stabla i grane lome uslijed nemogućnosti savijanja.

Dob stabla povezana je s dimenzijama i opadanjem vitaliteta stabla. Istraživanja pokazuju da se s povećanjem dobi povećava i osjetljivost stabla na oštećenja ledom (Boerner et al., 1988). Razlog tomu mogu biti dimenzije stabla, koje se povećavaju s dobi, kao i moguće prethodne biološke ili mehaničke ozljede stabla koje se također povećavaju s dobi (oštećenja od kukaca, gljiva ili oštećenja prilikom privlačenja drva).

Varijable sastojine i staništa

Ekspozicija kao stanišna varijabla utječe na intenzitet oštećenja, ali se ne može generalizirati, već je ona različita za pojedine lokacije. Na područjima s hladnijom mikroklimom, kao što su depresije, bivaju pogođena većim oštećenjima (Boerner et al., 1988, Seischab et al., 1993).

S porastom nagiba, raste i intenzitet oštećivanja stabala (Warrillow i Mou, 1999), a razlog tomu vjerojatno je to što stabla na većim nagibima razvijaju asimetričnu krošnju, pa se tako i led akumulira samo s jedne strane što dovodi do izvaljivanja ili prelamanja debla.

Vrsta i dubina tla te stupanj kamenitosti značajno utječe na tip i intenzitet oštećenosti sastojina i stabala. Osim toga i stanje vlažnosti tla te intenzitet njegove zamrznutosti određuje stupanj otpornosti stabala na izvaljivanje. Možemo reci da stanje i vrsta tla koja omogućavaju čvrsto zakorjenjivanje i time prijanjanje stabala doprinose lomljenju dijelova stabala bilo krošnje bilo prelamanje debla. S druge strane vlažno, nestabilno i duboko tlo omogućava izvaljivanje čitavih stabala, ali samo u uvjetima kad je uz pojavu ledene kiše prisutan i intenzivan vjetar.

Nadalje, prisutnost većih vodenih površina kao na primjer jezera može imati dvojak učinak; ako je temperatura vode nešto viša od temperature zraka djelovat će pozitivno, a ako je temperatura vode bliža nuli, imat će negativan utjecaj.

Pravilno obavljeni prethodni postupci gospodarenja kao što su prorjede, kroz svoju sanitarnu funkciju trebaju iz sastojine ukloniti sva ona oboljela, oštećena i generalno loša stabla, čime je smanjen broj potencijalno osjetljivih stabala na oštećenja.

Obzirom da brojni čimbenici različito utječu na stupanj oštećenosti sastojina vrlo je teško izgraditi modele predikcije pojave ledenih oluja i posljedično ledoloma. Pokazuje to i vrlo velika prostorna disperzija intenziteta ledoloma koji je pogodio Gorski Kotar te tako generalno zahvatio vrlo veliko područje. No štete nastale na cijelom području nisu jednolike već su unutar područja vrlo različito pogođena ovisno o ekspoziciji, nadmorskoj visini, stanju sastojina i stabala, ali i kretanju ledene oluje. Obzirom na navedene karakteristike uzroka tj. ledene oluje i posljedica tj. ledoloma vrlo je zahtjevno odrediti prave razmjere štete na stablima i sastojinama. Prve procjene rađene su iskustveno i okularno. Prema njima su štete bile ogromne. Utvrđene je da je u pojedinim gospodarskim jedinicama uništeno i preko 50% drvene zalihe (Vuletić i dr. 2014). Primijenjene metode nisu prihvatljive poglavito ako se ima na umu da rubna stabla stradavaju najviše kao i pionirske vrste drveća koja često čine rubove šuma te rastu uz prometnice ili obrastaju bivše poljoprivredne površine. Naknadno su rađena istraživanja metodama daljinske detekcije koristeći indekse refleksije (Šimić Milas i dr. 2015). Tim istraživanjem znatno je preciznije definirano područje intenzivnijih šteta, ali je definirano samo stanje oštećenosti vegetacije bez povezivanja s volumenom oštećenog drva. Pri utvrđivanju šteta bitno je definirati volumen drva (količinu stabala) koji nema mogućnosti ni opravdanosti za oporavak te kao takav je potrebno ukloniti iz sastojine. Razinu stradalosti pojedinih vrsta drveća uz koju je moguć njihov gospodarski opravdan oporavak vrlo je teško definirati i ovisi o vrsti drveća, dobi stabala, načinu gospodarenja, intenzitetu gospodarenja, prethodnom zdravstvenom stanju stabala i sl. Kako bi se moglo utvrditi mogućnosti i dinamika oporavka stabala od oštećenosti uzrokovane ledenom olujom potrebno je utvrditi početno stanje oštećenosti stabala za prisutne vrste drveća te uspostaviti dugoročni monitoring oporavka stabala i sastojina. Kako bi se mogla utvrditi mogućnost oporavka potrebno je dio uzorka ostaviti bez sanacije, a što omogućava utvrđivanje volumena drva koji se neće oporaviti.

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

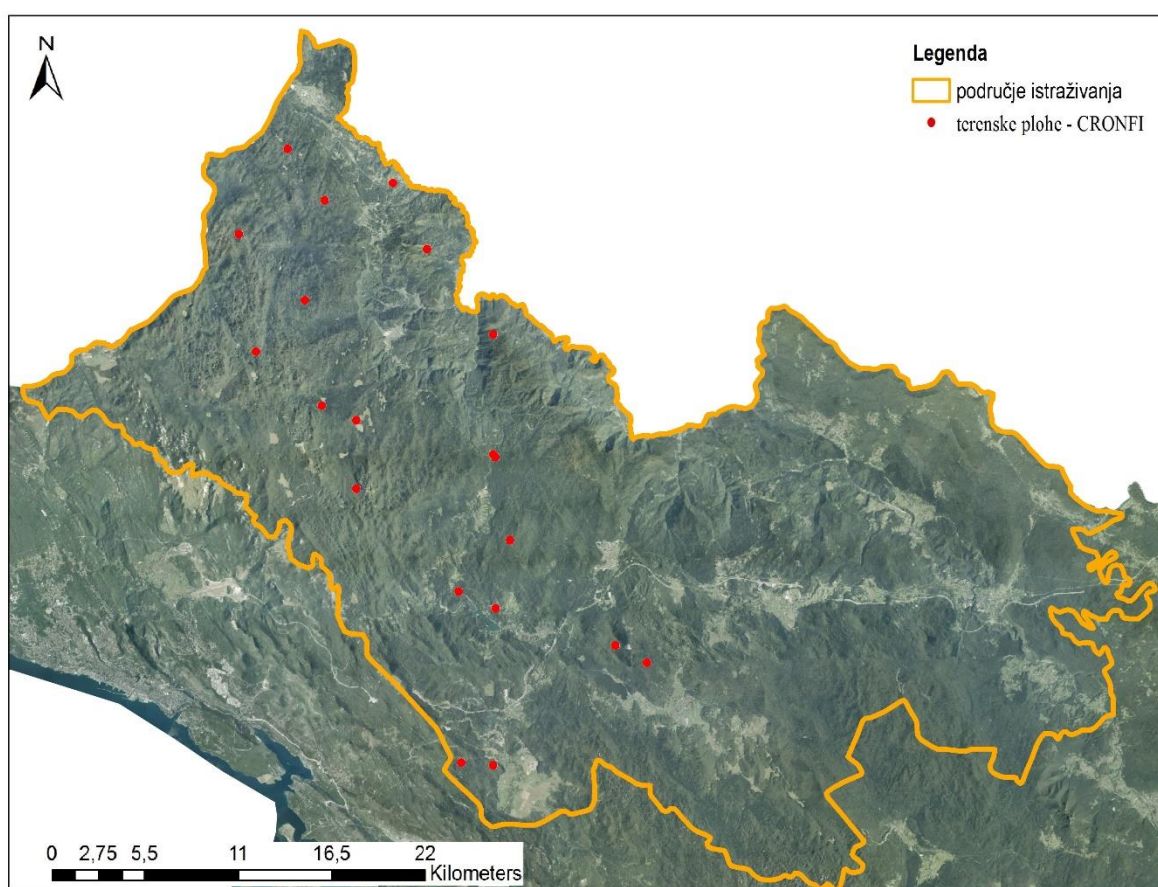
Provedeno istraživanje, odnosno uspostava i izmjera trajnih ploha na području zahvaćenom ledolomom, ima dva temeljna cilja. Prvi cilj je utvrditi početni stupanj oštećenosti stabala i sastojina kroz procjenu i analizu više pokazatelja oštećenosti stabala. Na taj način dobit će se kategorizacija oštećenosti svakog uzorkovanog stabla. Kategorizacija je parcijalna prema nekom od pokazatelja oštećenosti stabala ili sveobuhvatna kao kombinacija više pokazatelja oštećenosti. Prema tome utvrdit će se volumen drva različitih kategorija oštećenosti po vrstama drveća, etažama sastojine kao i drugim varijablama staništa i sastojine. Na taj način omogućit će se izračunavanje volumena drva koji je potrebno ukloniti iz sastojina kroz mjere sanacije kako bi se uspostavila stabilnost sastojina. Obzirom da je vrlo malo istraživanja provedeno u smislu praćenja mogućnosti oporavka stabala poglavito vrsta drveća zastupljenih u Gorskom kotaru te u stanišnim i gospodarskim uvjetima toga područja drvena zaliha predviđena za izlučivanje kroz sanaciju predstavlja našu procjenu odnosno očekivanja.

Drugi dio postavljenog istraživanja odnosi se upravo na dugoročno praćenje mogućnosti i dinamiku oporavka stabala od oštećenja nastalog kao posljedica ledene oluje. Obzirom da je za to potrebna ponovna procjena stanja stabala nakon nekoliko godina od početne kategorizacije oštećenosti prikaz i rezultati tog istraživanja tek se očekuju i nisu predmet ovog diplomskog rada.

Nadalje, općeniti cilj rada je analizirati i prikazati utjecaj varijabli stabala i staništa na stupanj oštećenosti. Dobiveni rezultati omogućit će prilagođavanje planiranja gospodarenja i gospodarenja šumama kako bi uspostavili sastojine otpornije na ledene oluje. Posebno je to važno za stanišne pozicije ugroženije i rizičnije za buduće pojave sličnih prirodnih nepogoda u budućnosti.

3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Šire područje na kojemu je provedeno istraživanje su bukovo-jelove šume Gorskog kotara, dok je uže područje, područje Gorskog kotara zahvaćeno ledolomom. Gorski kotar je smješten u zapadnom dijelu Hrvatske, na području Primorsko-goranske županije, a proteže se na površini od 1273 km², što je više od 35 % površine županije. Karakterizira ga brdsko-planinski reljef, veliki prirodni resursi, te biološka raznolikost čemu pridonosi veliki udio šuma u ukupnoj površini (čak 85 %) kojima se uglavnom preborno gospodari.



Slika 2. Područje istraživanja

Klimatske prilike

Klimatske prilike Gorskoga kotara nisu ujednačene na cijeloj površini. Predjeli s nadmorskom visinom višom od 1200 m, prema Köppenovoj klasifikaciji obuhvaćeni su snježno - borealnom - subarktičkom klimom, dok na nižim predjelima prevladava

topla - umjereno kišna klima. Između ovih dvaju predjela pojavljuju se i područja s prijelaznim klimatskim obilježjima.

Prema podacima DHMZ-a, najhladniji mjesec je siječanj, dok je najtopliji srpanj. Tijekom ljeta javljaju se velike dnevne temperaturne oscilacije; jutarnja temperatura se ponekad spušta ispod 0 °C, dok maksimalna doseže i do 35 °C. Prosječna godišnja temperatura je 7,3 °C. Najviše oborina padne u studenom i prosincu, a najmanje u srpnju i kolovozu. Snježnih oborina je najviše u siječnju i veljači, a ukupni prosječni broj dana pod snijegom je 117 dana. Karakteristična je pojava kasnih proljetnih mrazova.

Pedološke prilike

Područje Gorskog kotara pripada tzv. zoni „visokog krša“, a geološku podlogu uglavnom čine vapnenci i dolomiti. Pošto se radi o velikoj površini na kojoj je provedeno istraživanje, prisutan je veliki broj tipova i pod šumskih tala, a tla koja su površinski najzastupljenija u Gorskom kotaru su:

- smeđe tlo na vapnencu i dolomitu
- vapnenačko-dolomitna crnica
- lesivirano tlo na vapnencu
- rendzina na dolomitu i vapnencu

Smeđe tlo na vapnencu i dolomitu ili kalcikambisol, pripada klasi kambičnih tala, a formira se isključivo na čistim vapnencima i dolomitima koji imaju do 1% nerastvorivog ostatka. Najzastupljeniji varijetet je plitko tlo (25 – 30 cm). Na područjima rasprostiranja kalcikambisola vrlo je značajna stjenovitost koja se kreće od 30 do 50 %. Po teksturi pripada ilovastim glinama i glinama. To je ujedno i najrasprostranjenije šumsko tlo u Hrvatskoj.

Vapnenačko-dolomitna crnica ili kalcimelansol formira se na vapnencima i dolomitima koji imaju više od 98% CaCO_3 , a pripada klasi humusno-akumulativnih tala. Najčešće se javlja na strmim gorskim i pretplaninskim predjelima. Dubina tla kreće se oko 30 cm, što ograničava proizvodnost.

Lesivirano tlo na vapnencu ili luvisol pripada klasi eluvijalno-iluvijalnih tala. Kisele je reakcije (pH 4,5 – 5), te vrlo dobre proizvodnosti.

Rendzina na dolomitu i vapnencu, tlo je neutralno do slabo bazične reakcije. Nastaje na supstratima koji sadrže minimalno 10% CaCO₃. Limitirajući čimbenik plodnosti je slaba sposobnost zadržavanja vode (Martinović, 2003).

Fitocenološke prilike

U fitocenološkom smislu, područje na kojemu je povedeno istraživanje pripada dinarskim bukovo-jelovim šumama, acidofilnim jelovim šumama, te neutrofilnim i mezofilnim čistim bukovim šumama. Površinski najzastupljenije zajednice su:

Omphalodo-Fagetum (Tregubov 1957 corr. Puncer 1980) Marinček et al.1993; bukovo-jelove šume s mišjim uhom zapadnih Dinarida. Jedna je od najrasprostranjenijih šumskih zajednica u Hrvatskoj. Najvećim dijelom je zastupljena na Risnjaku. Uspijeva od 600-1300 m gotovo na svim terenima, nagibima i ekspozicijama. Od drveća su prisutni bukva i jela, a znatno manje je smreke i gorskog javora, dok su ostale vrste još rjeđe.

Calamagrostio-Abietetum Horvat (1950) Horvat in Cestar 1967; dinarska jelova šuma s milavom na vapnenačkim blokovima. Najbolje je razvijena na risnjačkom masivu. Raste na vapnenačko-dolomitnoj crnici u pukotinama stijena na gornjim osunčanim padinama na nadmorskoj visini 1100 m i više. Prevladava jela, u višim predjelima sa smrekom, dok bukva izostaje.

Blechno-Abietetum Horvat (1938) Horvat in Cestar 1967; jelova šuma s rebračom. Raste na kiselim tlima unutar bukovo-jelove šume, na visinama od 650-950 m. Razlikovne vrste prema drugim zajednicama su: *Blechnum spicant*, *Lycopodium annotinum*, *Luzula pilosa*, *Veronica officinalis*. U cjelokupnoj građi prevladava jela u grupimičnoj strukturi.

Lamio orvale-Fagetum sylvaticae (Horvat 1938) Borhidi 1963; brdska bukova šuma s mrtvom koprivom. Prostire se na nadmorskoj visini između 400-800 m, na različitim terenima, nagibima i ekspozicijama. U dinarskom području raste na smeđem tlu i crnici na vapnencu. U sloju drveća prevladava bukva, dok su gorski javor, mliječ i obični jasen rjeđi (Vukelić, 2012).

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Podatci o stanju početne strukture sastojina i šuma Gorskog kotara preuzeti su temeljem terenske izmjere i procjene prve nacionalne inventure šuma provedene na tom području tijekom 2007. godine. Nacionalne inventure šuma osim detaljnog snimanja atributa pojedinačnih stabala podrazumijevaju izmjeru i procjenu podataka vezanih za površinu stoga je uobičajena primjena inventure na traktu, odnosno skupu terenskih ploha. Trakt čini površina od 2,25 ha koje zatvaraju stranice kvadrata dužine 150 m. Vrhovi kvadrata predstavljaju centre četiriju skupina koncentričnih kružnih ploha za terensku interpretaciju, izmjeru i procjenu. Ukupno je primijenjeno 6 tipova kružnih ploha različitih prema veličini i namjeni: 1) ploha polumjera 25 m za opis elemenata sastojine i staništa, 2) ploha polumjera 20 m za izmjeru stabala prsnog promjera iznad 50 cm, 3) polumjera 13 m za izmjeru stabala prsnog promjera od 10 do 50 cm i procjenu pomlađenosti plohe, 4) kružna ploha polumjera 7 m za izmjeru stabala prsnog promjera 10 do 30 cm, 5) kružna ploha polumjera 3,5m za izmjeru stabala prsnog promjera od 5 do 10 cm za izmjeru stabala u cijelom mediteransko-submediteranskom području, sastojine prvog dobnog razreda, panjače i sastojine gornje granice vegetacije, 6) kružna pod ploha polumjera 2m za mjerenje tankih stabala do 10 cm prsnog promjera. Svim plohama osim pod plohe za izmjeru tankih stabala (6) središte je vrh kvadrata trakta. Središte podplohe za izmjeru tankih stabala izmješta se u pravcu sjevera 10 m od vrha kvadrata trakta (Čavlović i Božić 2008).

Na području Gorskog kotara postavljeno je 313 ploha koje su temeljem metoda Nacionalne inventure raspoređene po cijeloj površini Gorskog kotara (Čavlović 2010). Iz cijelog područja Gorskog kotara temeljem preliminarne izvješća o stanju oštećenosti državnih šuma od strane tvrtke Hrvatske šume d.o.o izdvojeno je uže područje zahvaćeno ledolomom, odnosno uzorak ploha nacionalne inventure zahvaćene ledolomom iz kojih je slučajnim odabirom izdvojeno za terensko istraživanje reprezentativni uzorak od 20 ploha. Tijekom ljeta 2014. godine provedena je izmjera i procjena tih 20 ploha s naglaskom na utvrđivanje oštećenosti stabala utjecajem ledenom kišom.

Pošto su te plohe trajnog karaktera pri prvoj izmjeri fiksirane su postavljanjem metalnih klinova u središte plohe, stoga je prilikom nove izmjere bilo nužno točno

pronaći središte plohe, kako bi se kasnije u drugim istraživanjima mogao pratiti oporavak stabala. Plohe su približno locirane pomoću koordinata i GPS uređaja, a potom je slijedilo točno utvrđivanje središta i traženje metalnog klina u zemlji koji je postavljen tijekom prve Nacionalne inventure šuma. Klin je tražen pomoću podataka o azimutu i udaljenosti stabala na plohi od klina. Nakon utvrđivanja točnog središta plohe, terenskom izmjerom i procjenom na plohi polumjera 20 m, svim stablima iznad taksacijske granice (10 cm) utvrđivane su sljedeće varijable:

- vrsta drveća
- prsni promjer
- visina
- visina krošnje
- socijalni položaj
- nagnutost stabla
- oštećenost krošnje
- status vrha
- stanje debla
- status stabla
- nagib terena
- dubina tla
- kamenitost tla

Posljednje tri stanišne varijable nisu procjenjivane tijekom terenskog istraživanja, nego su preuzete iz podataka prve Nacionalne inventure šuma. Slijedi kratak opis načina utvrđivanja i važnosti svake varijable.

Određivanje vrste drveća bitno je zbog analize vrste i stupnja oštećenja pojedine vrste drveća, odnosno otpornosti pojedine vrste drveća na određena oštećenja. Prisutne su sljedeće vrste: bukva (*Fagus sylvatica*), jela (*Abies alba*), smreka (*Picea abies*), te skupina vrsta koje smo objedinili pod nazivom „ostale tvrde listače“ s kraticom OTB.

Prsni promjer osnovna je varijabla stabla, a mjeri se svim stablima iznad taksacijske granice i to promjerkom na milimetar točno. Služi za utvrđivanje odnosa između vrste i stupnja oštećenja te prsnog promjera stabla. Također, preko prsnog promjera računskim putem dobivene su vrijednosti temeljnice na plohi.

Visina stabla, koja predstavlja udaljenost najvišeg dijela krošnje od tla, mjerena je digitalnim visinomjerom Vertex. Visina krošnje odnosi se na visinu stabla na kojoj se počinju javljati grane. Prelomljenim stablima nije bilo moguće izmjeriti visinu, pa je ona uzeta iz modala visinske krivulje koja je konstruirana na temelju izmjerenih visina za određeni prsni promjer. Na temelju podataka o prsnom promjeru i visini, dobivene su vrijednosti volumena za svako pojedino stablo.

Socijalni položaj stabla, usko je povezan s visinom stabla, a predstavlja vertikalni položaj pojedinog stabla u sastojini. Svakom stablu procijenjena je jedna od sljedećih kategorija socijalnog položaja: dominantno, kodominantno, podstojno, potisnuto ili soliterno stablo.

Nagnutost stabla predstavlja kut između trenutne osi stabla i idealne (vertikalne osi), a posljedica je ledom preopterećene krošnje. Kategorije nagnutosti su: uspravno, nagnuto manje od 45° , nagnuto više od 45° , nagnuto više od 45° i krošnja dodiruje tlo (KTD), te izvaljeno stablo.

Oštećenje krošnje je tipični oblik oštećenja ledolomom, a dobar je indikator za procjenu mogućnosti oporavka stabla. Procjena oštećenosti krošnja vršila se u klasama po 10%. Smatra se da će stabla s oštećenjem krošnje više od 70% ubrzo odumrijeti, odnosno da trebaju biti posječena.

Status vrha stabla je binarna varijabla jer je utvrđivano je li vrh slomljen ili nije.

Stanje debla je varijabla sa tri kategorije oštećenosti: neoštećeno, rascijepljeno ili prelomljeno deblo, dok status stabla podrazumijeva da li je stablo ostalo uspravno, ili je izvaljeno pod utjecajem težine leda. Stabla koja rascijepljena ili prelomljena, te izvaljena stabla također će u vrlo kratkom periodu odumrijeti ili su već mrtva, te se trebaju posjeći.

Nagib terena, dubina i kamenitost tla varijable su staništa a pretpostavka je da bitno utječu na zakorjenjivanje stabala, a samim time i na stabilnost. Nagib je mjeran u stupnjevima i to po klasama širine 5 stupnjeva, kamenitost je procjenjivana u postotku po klasama širine 5 posto, a debljina tla mjerena u centimetrima i to u tri klase dubine: plitko (< 30 cm), srednje duboko (30 - 60 cm) i duboko tlo (> 60 cm).

Nakon obavljene terenske izmjere i procjene navedenih varijabli, napravljena je baza podataka u računalnom programu Microsoft Excel 2016 koji je korišten za obradu

podataka i izradu grafičkih prikaza rezultata istraživanja. Podatci su objedinjeni za sve plohe zajedno, te su tako i prikazivani. Površina svih ploha iznosi 2,5132 ha. Tako su i dobiveni podatci u Tablici 1; broj stabala po hektaru (N/ha) dobiven je tako da je ukupan broj stabala podijeljen sa površinom ploha; temeljnica po hektaru (G/ha) je dobivena tako da se svakom stablu najprije izračunala vlastita temeljnica, a zatim pomnožila s brojem stabala po hektaru. Volumen po hektaru (V/ha) je dobiven tako da je volumen svakog stabla podijeljen s ukupnom površinom ploha. Zbrajanjem volumena stabala koji se nalaze na pojedinoj plohi, automatski smo dobili volumen po hektaru na toj plohi. Za statističku analizu podataka korišten je program Statistica 13 (Del Inc. 2015), a izradu kartografskog prikaza područja istraživanja korišten je program ArcGis. Prilikom pisanja teksta i prikaza slika i tablica korišten je Microsoft Word 2016.

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

5.1 Stanje strukture istraživanih sastojina

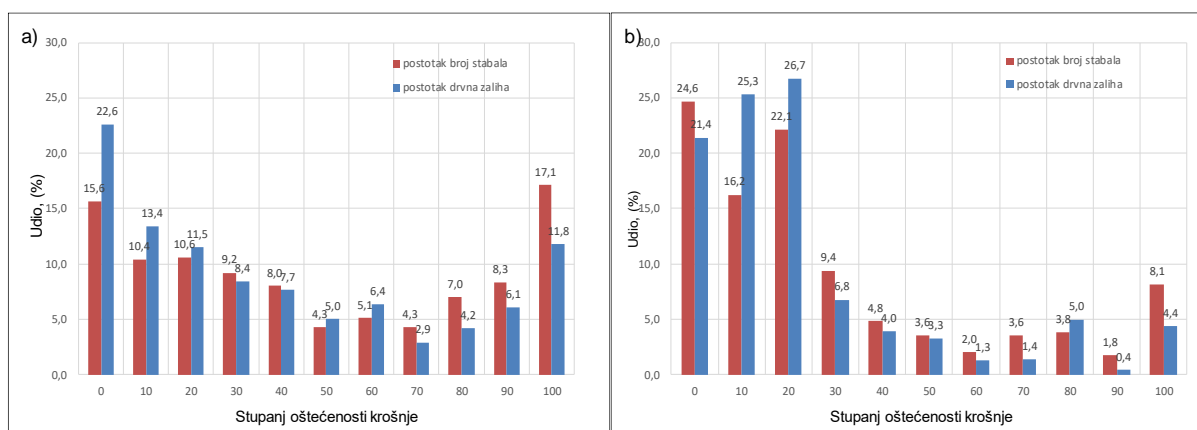
Tablica 1. Prikaz elemenata strukture i oštećenosti drvene zalihe po plohama

Ploha	Mjesto	Listače					Četinjače					Ukupno				
		N/ha (kom)	G/ha (m ²)	V/ha (m ³)	Vošt/ha (m ³)	% ošt.	N/ha (kom)	G/ha (m ²)	V/ha (m ³)	Vošt/ha (m ³)	% ošt.	N/ha (kom)	G/ha (m ²)	V/ha (m ³)	Vošt/ha (m ³)	% ošt.
1	Mrkopalj	580,9	13,9	129,9	5,0	4%	39,8	11,2	170,8	111,7	65%	620,7	25,1	300,7	116,6	39%
2	Mrkopalj	175,1	17,7	237,3	0,0	0%	222,8	23,3	297,3	1,8	1%	397,9	41,0	534,6	1,8	0%
3	NP Risnjak	382,0	22,4	285,5	17,9	6%	159,2	33,9	552,0	0,0	0%	541,1	56,4	837,5	17,9	2%
4	Crni lug	119,4	9,4	118,4	0,0	0%	63,7	20,2	350,5	0,0	0%	183,0	29,7	468,9	0,0	0%
5	Lokve	350,1	12,4	129,2	20,3	16%	286,5	32,6	419,7	22,8	5%	636,6	45,0	549,0	43,1	8%
6	Lokve	175,1	11,9	149,0	3,0	2%	87,5	23,1	393,7	0,0	0%	262,6	35,0	542,7	3,0	1%
7	Lokve	254,6	14,8	197,2	69,0	35%	127,3	51,8	920,9	122,1	13%	382,0	66,6	1118,1	191,1	17%
8	Tršće	191,0	9,7	115,3	8,7	8%	342,2	28,3	332,0	1,5	0%	533,2	38,1	447,3	10,2	2%
9	Prezid	358,1	13,7	144,6	3,7	3%	206,9	18,2	204,4	7,4	4%	565,0	31,9	349,0	11,1	3%
10	Prezid	198,9	11,9	160,2	2,0	1%	119,4	10,9	144,7	2,5	2%	318,3	22,7	304,9	4,5	1%
11	Geroovo	549,1	30,1	355,9	140,9	40%	127,3	10,9	129,2	103,6	80%	676,4	41,0	485,0	244,6	50%
12	Prezid	222,8	5,3	45,7	10,2	22%	421,8	30,0	323,3	23,1	7%	644,6	35,3	369,0	33,3	9%
13	Geroovo	302,4	9,8	96,9	69,9	72%	198,9	29,8	431,8	59,5	14%	501,3	39,7	528,6	129,4	24%
14	NP Risnjak	485,4	31,8	376,9	55,2	15%	119,4	12,1	140,3	22,6	16%	604,8	43,9	517,2	77,8	15%
15	Fužine	167,1	7,3	93,2	71,0	76%	31,8	2,6	35,7	0,0	0%	198,9	9,9	128,8	71,0	55%
16	Tršće	246,7	16,2	181,0	1,6	1%	23,9	4,9	57,1	0,0	0%	270,6	21,1	238,1	1,6	1%
17	Geroovo	318,3	21,1	252,9	249,3	99%	214,9	21,9	264,6	86,0	32%	533,2	43,0	517,5	335,3	65%
18	Delnice	1416,5	43,7	396,8	160,1	40%	8,0	0,1	0,1	0,0	0%	1424,4	43,8	396,9	160,1	40%
19	Fužine	644,6	34,8	376,7	351,4	93%	127,3	4,6	48,7	11,7	24%	771,9	39,4	425,4	363,2	85%
20	Tršće	748,0	22,6	213,2	105,9	50%	206,9	15,3	169,4	31,6	19%	954,9	37,9	382,5	137,6	36%
UKUPNO		7886,1	360,5	4055,6	1345,0	33%	3135,4	385,9	5386,3	608,0	11%	11021,5	746,4	9441,9	1953,0	21%

Oštećeni volumen po hektaru (Vošt/ha) predstavlja drvenu zalihu po hektaru koja se mora posjeći jer je odumrla ili će ubrzo odumrijeti zbog oštećenja ledolomom. Postotak oštećenosti (% ošt.) je postotni udio oštećenog volumena po hektaru u odnosu na ukupni volumen po hektaru.

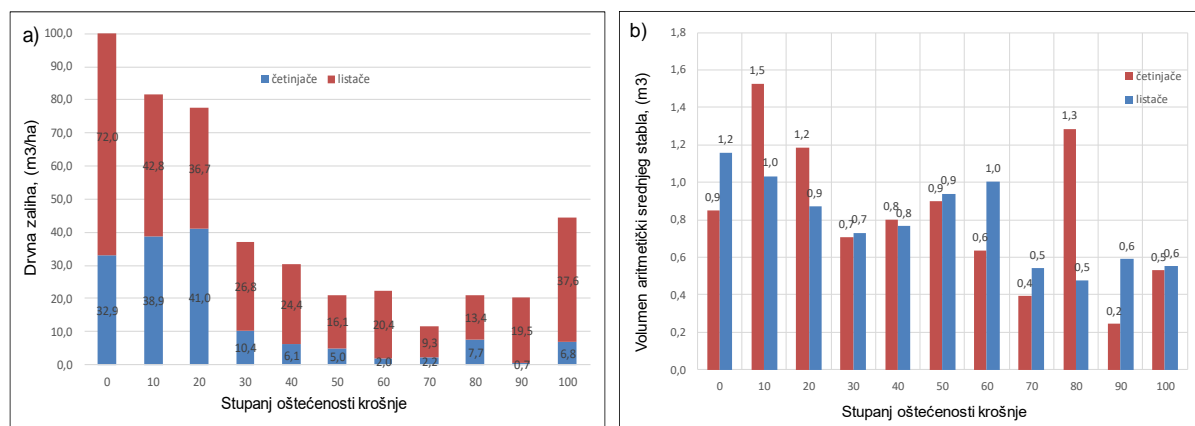
Elementi strukture od plohe do plohe jako variraju. Tako je na primjer najveća drvena zaliha po hektaru izmjerena na plohi broj 7 u Lokvama i iznosi 1118,1 m³/ha, dok je najmanja na plohi broj 15 u Fužinama sa samo 128,8 m³/ha. Razlog tako male zalihe može biti slučajni odabir ploha, pa su takvim slučajnim odabirom odabrane neke plohe koje jednim dijelom zahvaćaju vlake i prosjeke na kojima na rastu stabla. Plohe na kojima gotovo da i nema stradale drvene mase su 2 Mrkopalj, 4 Crni lug, 6 Lokve, 10 Prezid i 16 Tršće. Tu je važno uočiti da se te sve plohe nalaze na različitim lokacijama koje su zasigurno zahvaćene različitim intenzitetom ledene kiše iz čega se može zaključiti da intenzitet ledene kiše nije presudan za intenzitet oštećenja stabala, već stanišne i sastojinske značajke. Dvije plohe sa najvećim intenzitetom oštećenja su ploha broj 19 Fužine (85%) i 17 Geroovo (65%). Prosječna oštećena drvena masa listača iznosi 33%, dok kod četinjača iznosi znatno manje 11%. Prosječna oštećenost svih vrsta na svim plohama iznosi 21%, što je približno normalnom intenzitetu preborne sječe (Tablica 1).

5.2 Analiza oštećenost stabala po sastojinskim varijablama



Slika 3. Postotni udio broja stabala i drvene zalihe po stupnjevima oštećenosti krošnje; a) listače, i b) četinjače.

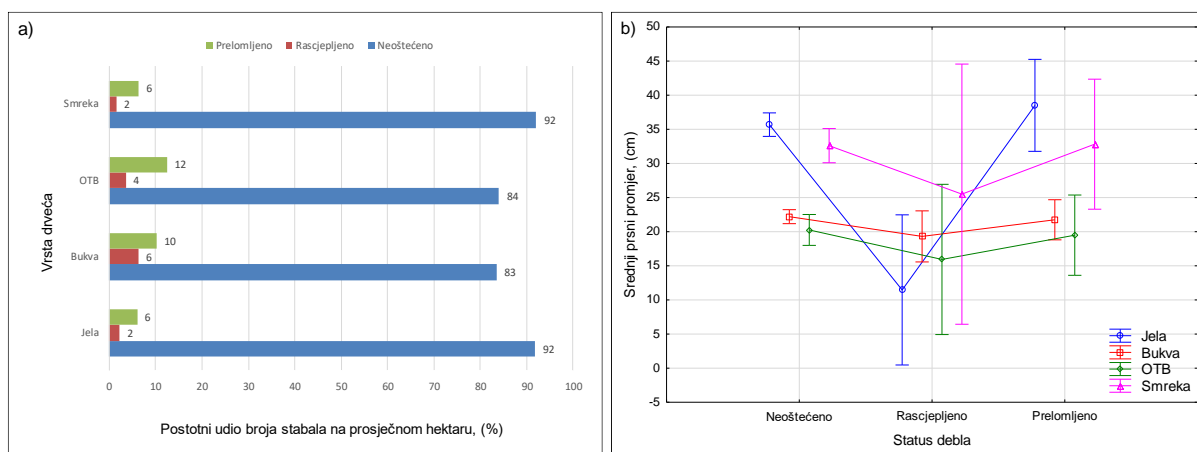
Postotni udio broja stabala po hektaru pada s porastom oštećenosti krošnje, te doseže svoj minimum (4,3%) kod 70-postotnog oštećenja krošnje kod listača, odnosno kod 80-postotnog oštećenja krošnje kod četinjača (svega 1,0%), te nakon toga raste s porastom oštećenosti krošnje. Postotni udio drvene zalihe po hektaru prati taj trend, najvjerojatnije zato što su broj stabala i drvena zaliha u pozitivnoj korelaciji (Slika 3).



Slika 4. Volumen aritmetički srednjeg stabla (m^3) po vrstama s obzirom na stupnjeve oštećenosti krošnje.

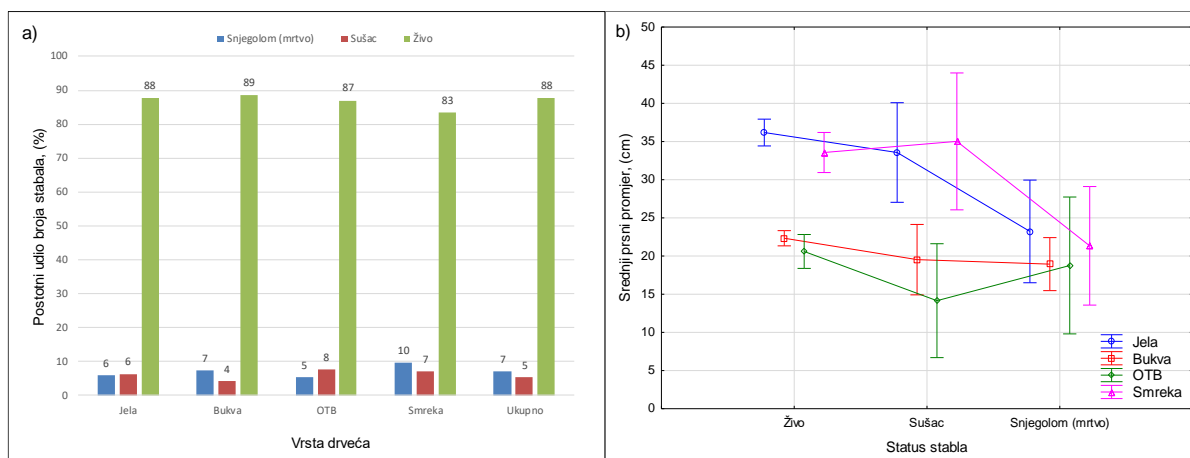
Drvene zaliha koja je s oštećenjem krošnje iznad 50% kod listača ima čak 31,4% ($100,1 m^3/ha$), a kod četinjača 12,6% ($19,4 m^3/ha$). Drvene zalihe koja je s oštećenjem krošnje iznad 70% kod listača ima 25,0% ($79,7 m^3/ha$), a kod četinjača 11,3% ($17,3$

m³/ha). Gledajući sve vrste zajedno čak četvrtina drvene zalihe je s oštećenom krošnjom više od 50% (Slika 4a). S porastom oštećenosti krošnje volumen aritmetički srednjeg stabla opada, kako kod listača, tako i kod četinjača. Kako su volumen i prsni promjer izravno povezani i ovisni jedan o drugome, može se zaključiti da su tanja stabla pogođena većim oštećenjem krošnje (Slika 4b).



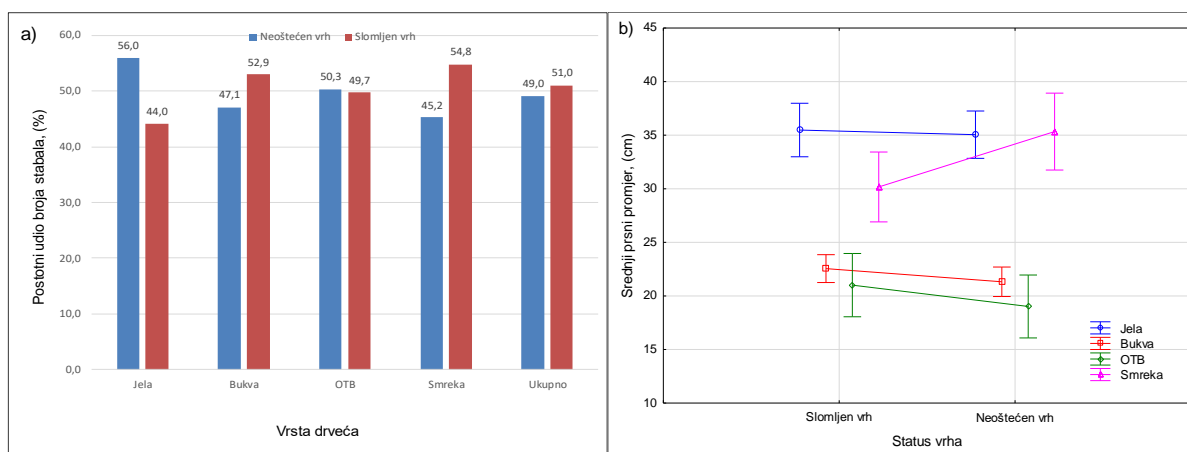
Slika 5. Status debla po vrstama drveća s obzirom na: a) postotni udio broja stabala po hektaru (%), i b) srednji prsni promjer (cm) s intervalom.

Gledajući status debla kao varijablu oštećenosti možemo zaključiti da su listače (bukva i ostala tvrda bjelogorica) više stradale u odnosu na četinjače (jelu i smreku). To se odnosi na obje kategorije oštećenosti (prelomljeno i rascijepljeno deblo). Tako na primjer kod ostale tvrde bjelogorice imamo prosječno 12 prelomljenih stabala po hektaru, kod bukve 10, dok je to kod jele i smreke po 6 prelomljenih stabala po hektaru. Ista stvar je i s kategorijom rascijepljenog debla, kod bukve i ostale tvrde bjelogorice je to 6, odnosno 4 rascijepljena stabla po hektaru, dok je kod jele i smreke po 2. Srednji prsni promjer kod jele i smreke jako varira od kategorije do kategorije, ali im je zajedničko da je najmanji u kategoriji rascijepljenog debla (jela 11,4 cm i smreka 25,5 cm), no s najvećom varijabilnošću unutar same kategorije. Kod bukve i ostale tvrde bjelogorice je manja razlika između promjera različitih kategorija, ali i unutar same kategorije. Također je u kategoriji rascijepljenog debla taj promjer najmanji (bukva 19,3 i OTB 15,9 cm), ali s najvećom varijabilnošću. Kod svih vrsta je mala razlika u promjeru između kategorija neoštećenog i prelomljenog debla (Slika 5).



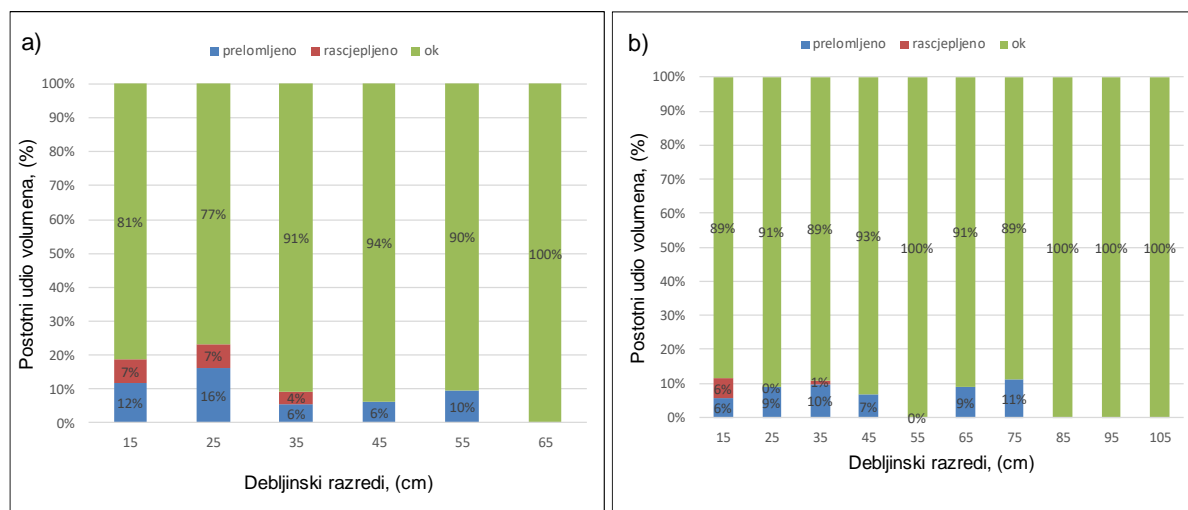
Slika 6. Status stabla po vrstama drveća s obzirom na; a) postotni udio broja stabala po hektaru (%), i b) srednji prsni promjer (cm) s intervalom.

Udio izvaljenih stabala kao direktna posljedica ledene kiše podjednak je za sve vrste, kao i sušaca za koje se ne može sa sigurnošću tvrditi da li su posljedica ledoloma ili biotskih i abiotičkih čimbenika koji djelovali na njega prije ledene kiše. Od ukupnog broja stabala po hektaru kod jele je od ledoloma stradalo najviše (6%), dok je kod bukve najmanje (4%). Gledajući srednji prsni promjer može se zaključiti da sve vrste (osim smreke) imaju najveći promjer u kategoriji živog (neoštećenog) stabla (jela 36,2 cm, bukva 22,3 cm, OTB 20,6 cm) kao i najmanju varijabilnost unutar iste. To je najvjerojatnije zbog toga što se radi o dominantnim stablima koja su se izborila za položaj, te su dobro ukorijenjena i vitalna. Kod jele i smreke je naglašenija razlika u promjeru između živih i slomljenih stabala, a kod bukve i OTB je podjednak promjer (Slika 6).



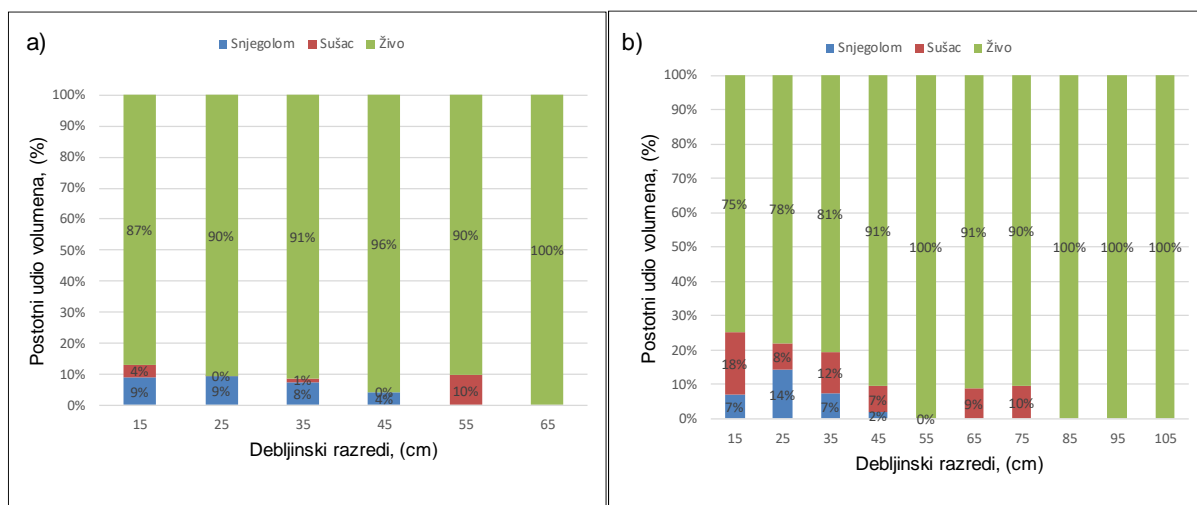
Slika 7. Status vrha po vrstama drveća s obzirom na; a) postotni udio broja stabala po hektaru (%), i b) srednji prsni promjer (cm) s intervalom.

U varijabli statusa vrha najveću otpornost pokazuje jela sa manje od polovice slomljenih vrhova stabala po hektaru, točnije njih 44,0%. Slijedi je ostale tvrda bjelogorica sa podjednakim udjelom slomljenih i neoštećenih vrhova stabala, dok bukva (52,9%) i smreka (54,8%) imaju više od polovice stabala po hektaru sa slomljenim vrhom. Gledajući sve vrste zajedno, generalno se može reći da je svakom drugom stablu slomljen vrh. Srednji prsni promjer stabala jele podjednak je u obje kategorije (35 cm), dok kod smreke stabla sa slomljenim vrhom (30,2 cm) imaju nešto manji promjer u odnosu na stabla sa neoštećenim vrhom (35,3 cm). Razlika između promjera stabala sa slomljenim i neoštećenim vrhom kod bukve i OTB je svega 2 cm (Slika 7).



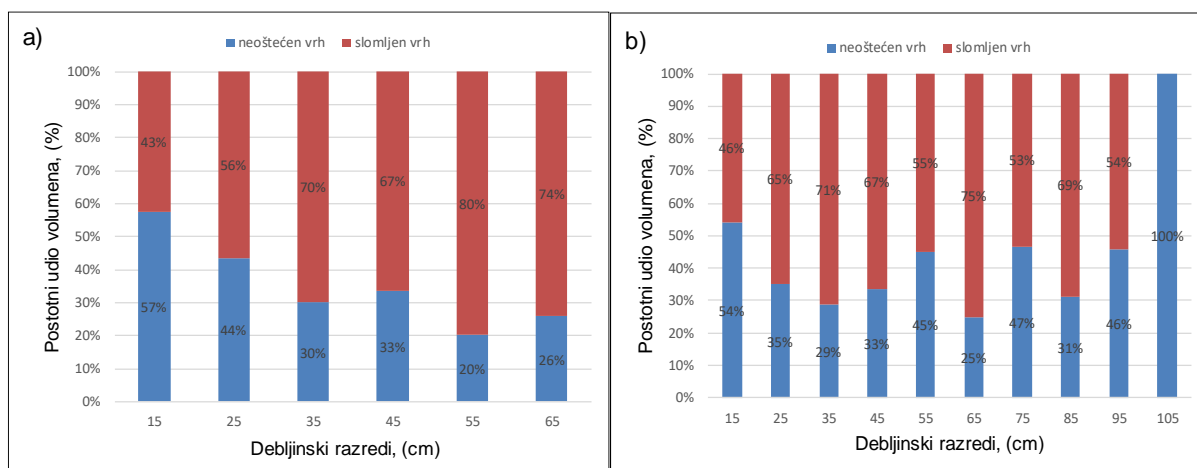
Slika 8. Postotni udio volumena po hektaru (%) s obzirom na stanje debla po debljinskim razredima (cm); a) listače, i b) četinjače.

Ako se promatra postotni udio volumena po hektaru u pojedinoj kategoriji oštećenja, može se uočiti da je glavnina stradale drvene zalihe u prvoj polovici debljinskih razreda. Tako na primjer kod listača u posljednjem debljinskom razredu uopće nema oštećene drvene zalihe, dok kod četinjača nema u zadnja tri. Može se također uočiti da je drvena zaliha oštećena rascjepljivanjem stabala samo u prva tri debljinska stupnja, odnosno do prosječnog prsnog promjera 40 cm, i to kako kod listača, tako i kod četinjača (Slika 8). To je i logično je su tanja stabla podložnija rascjepljivanju od onih debljih.



Slika 9. Postotni udio volumena po hektaru (%) s obzirom na status stabla po debljinskim razredima (cm); a) listače, i b) četinjače.

Kao i kod prethodne varijable stanja debla (Slika 8), tako i kod varijable statusa stabla, najdeblja stabla su se pokazala najotpornijima. Kod listača je najveći udio oštećene drvene zalihe po hektaru u prva dva debljinska razreda (po 9%), dok je najmanje u debljinskom razredu 45 cm (4%), a u posljednja dva debljinska razreda niti nema snjegolomom oštećene drvene zalihe. U debljinskom razredu 55 cm, najveći je udio sušaca (10%). Kod četinjača je također drvena zaliha oštećena snjegolomom prisutna samo u prva četiri debljinska razreda, odnosno do prsnog promjera 50 cm. Najveća je u debljinskom razredu 25 cm (14%), a najmanja u 45 cm (2%). U posljednja tri debljinska razreda nema oštećenja (Slika 9).



Slika 10. Postotni udio volumena po hektaru (%) s obzirom na status vrha po debljinskim razredima (cm); a) listače, i b) četinjače.

Iz statusa vrha gledano po postotnom udjelu oštećene drvene zalihe po hektaru pojedinog debljinskog razreda, kod listača se može uočiti da udio raste s povećanjem prsnog promjera, doduše s manjim iznimkama. Tako u prvom debljinskom razredu stabla sa slomljenim vrhom čine 43% drvene zalihe tog debljinskog razreda, dok u predzadnjem (55 cm), čine 80%, a u zadnjem (65 cm) čine 74%. Paralelno uspoređujući četinjače, ne može se utvrditi ista zakonitost. Kod njih je također najmanji postotni udio drvena zalihe sa oštećenim vrhom u prvom debljinskom razredu (46%), ali ostali debljinski razredi ne slijede pravilnost kao kod listača. U posljednjem debljinskom razredu nema stabala sa oštećenim vrhom, pa tako ni oštećene drvene zalihe, a razlog tomu je mali uzorak debelih stabala (Slika 10).

5.3 Analiza oštećenost stabala po stanišnim i strukturnim varijablama

Tablica 2. Analiza nagiba terena na intenzitet oštećenja u pojedinoj varijabli - postotni udio (%) ukupnog broja stabala u pojedinoj kategoriji nagiba

Utjecaj nagiba terena						
	5 - 9	10 - 14	15 - 19	20 - 24	25 - 29	N_UK
nagnutost stabla						1376
Uspravno	93,0%	93,0%	78,0%	87,8%	90,2%	1223
<45°	3,0%	3,5%	3,5%	4,0%	4,3%	52
>45°	3,0%	1,1%	0,7%	0,8%	1,8%	16
>45° i KDT	0,0%	0,8%	0,7%	2,5%	1,2%	21
Izvaljeno	1,0%	1,6%	17,0%	4,8%	2,5%	64
status debla						1384
neoštećeno	98,0%	86,9%	72,9%	84,9%	91,4%	1189
rascijepljeno	0,0%	2,4%	13,9%	5,8%	1,2%	66
prelomljeno	2,0%	10,7%	13,2%	9,3%	7,4%	129
status stabla						1385
snjegolom	0,0%	0,0%	14,6%	12,6%	0,0%	97
sušac	0,0%	0,0%	26,4%	5,8%	0,0%	73
živo	100,0%	100,0%	59,0%	81,6%	100,0%	1215
status vrha						1385
neoštećen	81,0%	40,9%	32,6%	50,3%	57,7%	679
slomljen	19,0%	59,1%	67,4%	49,7%	42,3%	706

Objašnjenje kategorije nagnutosti stabla >45° i KDT: deblo nagnuto više od 45° i krošnja dodiruje tlo.

Nagib terena se kreće od 5 do 30 stupnjeva. U varijabli nagnutosti stabala, najmanje izvaljenih stabala (1,0%) je na terenima s 5 - 9 stupnjeva nagiba, dakle na najmanjim nagibima što je i za očekivati, dok je najviše u na terenima s nagibom 15 - 19 stupnjeva. Što se tiče statusa debla najviše neoštećenih stabala, čak 98,0% je na najmanjem nagibu, dok je najviše rascijepljenih (13,9%) i prelomljenih (13,2%) u trećoj kategoriji nagiba (15 - 19 stupnjeva). Snjegolomom oštećenih stabala također je najviše (14,6%) u kategoriji nagiba 15 - 19 stupnjeva, kao i stabala sa slomljenim vrhom (67,4%). Iz navedenog se može zaključiti da su se najveća oštećenja dogodila na nagibima terena od 15 - 19 stupnjeva (Tablica 2).

Tablica 3. Analiza kamenitosti terena na intenzitet oštećenja u pojedinoj varijabli - postotni udio (%) ukupnog broja stabala u pojedinoj kategoriji kamenitosti

Utjecaj kamenitosti terena					
	0	0 - 25	26 - 50	> 50	N_UK
nagnutost stabla					1376
Uspravno	85,6%	90,6%	93,2%	87,1%	1223
<45°	3,4%	5,4%	3,0%	3,8%	52
>45°	1,5%	1,3%	1,2%	0,9%	16
>45° i KDT	2,3%	1,8%	0,6%	1,6%	21
Izvaljeno	7,2%	0,9%	2,1%	6,5%	64
status debla					1384
neoštećeno	90,6%	89,2%	84,4%	83,3%	1189
rascijepljeno	4,5%	3,1%	4,7%	5,6%	66
prelomljeno	4,9%	7,6%	10,9%	11,1%	129
status stabla					1385
snjegolom	2,6%	0,0%	10,6%	9,7%	97
sušac	2,3%	7,6%	6,8%	4,8%	73
živo	95,1%	92,4%	82,6%	85,5%	1215
status vrha					1385
neoštećen	54,0%	54,7%	45,4%	46,6%	679
slomljen	46,0%	45,3%	54,6%	53,4%	706

Objašnjenje kategorije nagnutosti stabla >45° i KDT: deblo nagnuto više od 45° i krošnja dodiruje tlo.

Kamenitost terena se kreće od ploha gdje kamenitost potpuno izostaje, do ploha sa kamenitošću preko 50%. Najviše izvaljenih stabala je na terenima bez kamenitosti (7,2%), te na terenima s kamenitošću preko 50% (6,5%), što ne pokazuje nikakvu zakonitost. U kategoriji statusa debla, neoštećenih stabala najviše je na terenima bez kamenitosti (90,6%), a prelomljenih je najviše na terenima s kamenitošću 26 - 50%. U istoj kategoriji kamenitost je najviše i snjegolomom oštećenih stabala (10,6%). Što se tiče statusa vrha u prve dvije kategorije više stabala s neoštećenim vrhom, dok je u druge dvije više stabala s slomljenim vrhom (Tablica 3). Generalno se može reći da je na kamenitijim terenima veća oštećenost, iako ta zakonitost nije posve jasna.

Tablica 4. Analiza dubine tla na intenzitet oštećenja u pojedinoj varijabli - postotni udio (%) ukupnog broja stabala u pojedinoj kategoriji dubine tla

Utjecaj dubine tla				
	0-30	31-60	> 65	N_UK
nagnutost stabla				1376
Uspravno	80,6%	91,4%	0,0%	1223
<45°	3,7%	3,0%	55,2%	52
>45°	0,0%	1,2%	17,2%	16
>45° i KDT	3,7%	1,1%	6,9%	21
Izvaljeno	12,0%	3,3%	20,7%	64
status debla				1384
neoštećeno	74,3%	90,1%	82,3%	1189
rascijepljeno	8,2%	4,0%	4,1%	66
prelomljeno	17,6%	5,9%	13,6%	129
status stabla				1385
snjegolom	0,0%	7,4%	12,8%	97
sušac	7,8%	4,1%	7,0%	73
živo	92,2%	88,5%	80,2%	1215
status vrha				1385
neoštećeno	38,4%	49,3%	58,8%	679
slomljen	61,6%	50,7%	41,2%	706

Objašnjenje kategorije nagnutosti stabla >45° i KDT: deblo nagnuto više od 45° i krošnja dodiruje tlo.

U varijabli dubine tla tri su kategorije dubine: 0 - 30 cm, 31 - 60 cm i > 60 cm. Najviše uspravnih stabala (80,6%) je u prvoj kategoriji dubine tla, dok je najviše izvaljenih (20,7%) u trećoj, najdubljoj kategoriji, iako je za očekivati bilo potpuno suprotno. U varijabli statusa debla neoštećenih stabala je najviše u drugoj kategoriji (31 - 60 cm), i to čak 90,1%, dok je najviše prelomljenih stabala (17,6%) na terenima s dubinom tla 0 - 30 cm. Snjegolomom oštećenih stabala je najviše (12,8%) u trećoj kategoriji dubine tla. Udio stabala sa slomljenim vrhom opada s povećanjem dubine tla, dakle najviše ih je u prvoj kategoriji dubine tla, njih 61,6% (Tablica 4). Varijabla dubine tla i prethodno analizirana varijabla kamenitost terena su međusobnom antagonizmu: s povećanjem kamenitosti smanjuje se dubina tla i obratno. Ni u jednoj, ni u drugoj varijabli nije dokazana očekivana zakonitost, da će na plićim terenima (terenima s većom kamenitošću) biti više izvaljenih stabala zbog nemogućnosti dubljeg zakorjenjivanja, odnosno da će na dubljim tlima (terenima s manjom kamenitošću) biti više prelomljenih i rascijepljenih stabala zbog dubljeg zakorjenjivanja.

Tablica 5. Analiza sklopa na intenzitet oštećenja u pojedinoj varijabli - postotni udio (%) ukupnog broja stabala u pojedinoj kategoriji sklopa

Utjecaj sklopa					
	potpun	nepotpun	rijedak	progaljen	N_UK
nagnutost stabla					1376
Uspravno	86,8%	89,6%	87,3%	93,4%	52
<45°	3,7%	5,1%	3,2%	2,3%	1223
>45°	1,6%	0,8%	0,8%	0,8%	16
>45° i KDT	1,5%	2,7%	1,6%	0,0%	64
Izvaljeno	6,3%	1,9%	7,1%	3,5%	21
status debla					1384
neoštećeno	84,1%	88,0%	79,2%	90,4%	1189
rascijepljeno	5,5%	3,2%	6,9%	4,2%	66
prelomljeno	10,4%	8,8%	13,8%	5,4%	129
status stabla					1385
snjegolom	13,6%	1,3%	5,4%	0,4%	97
sušac	1,3%	6,1%	9,2%	11,5%	73
živo	85,1%	92,6%	85,4%	88,1%	1215
status vrha					1385
neoštećen	50,2%	52,1%	44,6%	43,8%	679
slomljen	49,8%	47,9%	55,4%	56,2%	706

Objašnjenje kategorije nagnutosti stabla >45° i KDT: deblo nagnuto više od 45° i krošnja dodiruje tlo.

Sklop kao varijabla procjenjivan je u četiri kategorije: potpun, nepotpun, rijedak, progallen. Najviše uspravnih stabala (93,4%) je u progallenom sklopu, dok je najviše izvaljenih (7,1%) u rijetkom sklopu. U varijabli statusa debla najviše neoštećenih stabala (90,4%) je u progallenom sklopu, dok je najviše rascijepljenih (6,9%) i prelomljenih (13,8%) u rijetkom sklopu, što pokazuje sličnost s prethodnom varijablom nagnutosti stabla. Snjegolomom oštećenih stabala najviše je (13,6%) u potpunom sklopu, a najmanje (0,4%) u progallenom sklopu. Stabala sa slomljenim vrhom najviše je u rijetkom (55,4%) i progallenom (56,2%) sklopu, dakle u obje kategorije više od polovice stabala imaju slomljen vrh, što je i za očekivati.

6. ZAKLJUČAK

Analizirajući strukturu sastojina temeljem podataka dobivenim izmjerom na plohama možemo potvrditi da se radi o prostorno vrlo varijabilnom staništu. Tako se struktura sastojina po plohama značajno razlikuje pa prema tome uzorak od 20 ploha nije dovoljan da zadovoljavajuće pokrije svu varijabilnost. Osobito kad bi se uzorak dalje stratificirao na gospodarene i negospodarene sastojine (nacionalni park Risnjak).

Bukovo-jelove šume odnosno vrste drveća koje ih čine vrlo su otporne i prilagođene surovim uvjetima no o silni ledene oluje i količini leda koji je pritiskao stabla pokazuje činjenica da je svakom drugom stablu slomljen vrh, a četvrtina drvene zalihe po hektaru (25 %) otpada na stabla sa stupnjem oštećenosti krošnje iznad 50%. Prelomljenih stabala (stabla kojim je prelomljeno deblo u donjoj trećini ili ispod same krošnje) ima u prosjeku desetak po hektaru pri čemu su značajno više stradale listače.

Istraživanje nije ukazalo na povezanost izvaljivanja stabala s vrstom drveća jer je ono podjednako za sve vrste drveća. Značajniji utjecaj imaju stanišne varijable i to za pretpostaviti u kombinaciji varijable dubina tla i stupanj kamenitosti.

Obzirom na debljinsku strukturu stabala možemo zaključiti da su najviše stradala stabla najtanjeg debljinskog razreda odnosno stabla tanje polovice distribucije prsnih promjera. Osobito se to odnosi na listače koje posebno kategorija ostale vrste koju dominantno čini gorski javor. Obzirom da javor ima krhke grane izrazito je jako stradao. Obzirom na stupanj stradavanja podstojne etaže i prvog debljinskog razreda ističe se pitanje stanja habitusa tih stabala obzirom na strukturne okolnosti sastojina u kojima se razvijaju. Naime guste sastojine s preveliko drvnom zalihom koje su održavane tijekom posljednjih desetljeća iznjedrile su habitusno vrlo neotporna stabla. Poglavito u okolnostima kad su u posljednje vrijeme započele intenzivnije preborne sječe, a time i značajnije otvaranje sklopa sastojina.

Za čvršće i jasnije zaključke o kompleksnom utjecaju stanišnih i strukturnih varijabli na stupanj oštećenosti stabala trebalo bi imati značajno veći uzorak istraživanja (potpunijeg pokrivanja varijabilnosti), ali i promatranje kompleksnog utjecaja promatranih varijabli. Uz sve to vrlo je teško predvidjeti nastanak ledenih oluja i njihov utjecaj obzirom da se mora preklopiti velik čimbenika da bi oluja nastala, a još

više da bi prouzročila značajniju štetu. Upravo zbog toga su ledene oluje kao pojava razmjerno rijetke.

Uništena drvena zaliha, odnosno drvena zaliha koju je potrebno sanacijom ukloniti iz sastojina vrlo je različita po istraživanim sastojinama no prosječno iznosi oko 21 % što predstavlja nešto slabije intenzivnu prebornu sječū. U tom smislu šteta prosječno nije velika no pojedine sastojine su uništene i potrebno je ukloniti i preko 50% drvene zalihe, a ako uzmemo u obzir da se to odnosi značajno na stabla budućnosti gospodarenje takvim sastojinama u idućim razdobljima biti će posebno izazovno.

Ako se ta drvena zaliha ne ukloni iz tih sastojina posebno su opasne naknadne štete pojavom sekundarnih štetnika. Progradacija populacije potkornjaka i posljedično uništavanja smreke kojoj smo svjedoci dijelom je zasigurno posljedica ledoloma, ali i zakašnjele reakcije na njegove posljedice.

Uspjeh sanacije i oporavak sastojina uvelike će ovisiti o mogućnostima regeneracije pojedinih vrsta drveća. Pri tome nije nevažno i u kakvim uvjetima će se ono odvijati u budućem periodu. Sad već očite klimatske promjene i posljedično stanišne promjene, kao i pojava štetnika mogu značajno utjecati na tijek i uspješnost oporavka. Upravo je zato potrebno dugoročno pratiti oporavak stradalih stabala, kao i dinamiku odumiranja kako bi se zahvati sanacije mogli bolje planirati.

Nažalost utvrđivanje referentnog, početnog stanja oštećenosti nije moguće naknadno proširiti stoga je potrebno uspostaviti učinkoviti sustav praćenja utjecaja prirodnih nepogoda, ali i razvoja šumskih resursa općenito. Istraživanje provedeno u ovom radu kao i nastavak praćenja oporavka stabala na postavljenom uzorku ploha treba shvatiti kao pilot projekt uspostavi sveobuhvatnog monitoringa šumskih resursa.

7. LITERATURA

1. Anić, I., S. Mikac, 2008: Struktura, tekstura i pomlađivanje dinarske bukovo-jelove prašume Čorkova uvala. Šumarski List 11-12, s.505 pdf.
2. Anić, I., J. Vukelić, S. Mikac, D. Bakšić, D. Ugarković, 2009: Utjecaj globalnih klimatskih promjena na ekološku nišu obične jele (*Abies alba* Mill.) u Hrvatskoj. Šumarski list 133, 3-4; 135-144.
3. Bennett, I., 1959: Glaze - its meteorology and climatology, geographical distribution and economic effects. US Army Quartermaster Research and Engineering Center, Nantick, Mass. Envir. Protection Res. Div. Tech. Rep. Ep-105, 207 str.
4. Boerner, R.E.J., S.D. Runge, D. Cho, and J.G. Kooser. 1988. Localized ice storm damage in an Appalachian Plateau Watershed. The American Midland Naturalist 199(1): 199-208
5. Čavlović, J., 2010: First National Forest Inventory in Republic of Croatia (in Croatian). Zagreb: Ministry of regional development and forestry & Faculty of Forestry.
6. Čavlović, J., 2013: Osnove uređivanja šuma. Sveučilišni udžbenik, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
7. Čavlović, J., M. Božić, A. Bončina, 2006: Stand structure of an uneven-aged fir-beech forest with an irregular diameter structure: modeling the development of the Belevine forest, Croatia. European Journal of Forest Research, 125(4), 325-333.
8. Čavlović, J., M. Božić, 2008: Nacionalna inventura šuma u Hrvatskoj – Metode terenskog prikupljanja podataka, Sveučilišni udžbenik, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb. 146 str.
9. Martinović, J., 2003: Gospodarenje šumskim tlima u Hrvatskoj. Šumarski institut Jastrebarsko; Hrvatske šume d.o.o.
10. Oliver, C. D., B. C. Larson, 1996: Forest stand dynamics. New York: John Wiley & Sons. 520 str.
11. Seischab, F. K., J.M. Bernard, M.D. Eberle, 1993: Glaze storm damage to western New York forest communities. Bulletin of the Torrey Botanical Club 120(1):64-72

12. Smith, W. H. 2000. Ice and forest health. *Northern Journal of Applied Forestry* 17(1)16-19
13. Swisher, J. L., 1999: Assessing Forest Damage and Tree Response to Ice Storm Injury in Thinned and Unthinned Hardwood Stands in Maine. The University of Maine. 9-16 str.
14. Šimić Milas, A., P. Rupasinghe, I. Balenović, P. Grosevski, 2015: Assessment of Forest Damage in Croatia using Landsat-8 OLI Images. *South-east European forestry*. 6 (2015) , 2; 159-169.
15. Teslak, K., M. Vedriš, M. Gašparović, M. Žunić, J. Čavlović, 2016: Stand regeneration characteristics of beech and fir forests in Gorski kotar region. *South-east European Forestry*, (2); 99-108.
16. Vukelić, J., 2012: Šumska vegetacija Hrvatske, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
17. Vuletić, D., Ž. Kauzlarić, I. Balenović, S. Krajter Ostoić, 2014: Assessment of Forest Damage in Croatia Caused by Natural Hazards in 2014. *South-east European forestry*. 5 (2014) , 1; 65-79.
18. Warrillow, M. i P. Mou., 1999: Ice storm damage to forest tree species in the ridge and valley region of southwestern Virginia. *Journal of Torrey Botanical Society* 126(2): 147-158.